Iranian Journal of Animal Science Research
Vol. 13, No. 2, Summer 2021, p. 193-205

نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
جلد ۱۳، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰، ص. ۲۰۵-۱۹۳

مقاله علمی- پژوهشی

تأثیر قرص آهسته‌رهش مس بر عملکرد و برخی فراسنجه‌های خونی میش‌های آبستن لری-بختیاری و بره‌های آن‌ها

پروین نصر چالشتری[۱]، امیر فدایی‌فر[۲*]، ایوب عزیزی[۲]، آرش آذرفر[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۲۹

چکیده

به‌منظور مطالعۀ عملکرد و تعیین تغییرات برخی از فراسنجه‌های خونی بره‌های متولد شده از میش‌های آبستن دریافت‌کنندۀ قرص آهسته‌رهش مس، ۸۰ رأس میش لری-بختیاری (شکم زایش چهارم و نمره وضعیت بدنی ۳ الی ۳/۵) همزمان شده برای زایش به دو گروه ۴۰ رأسی تقسیم‌بندی شدند. تیمارها شامل: ۱) گروه شاهد و ۲) گروه دریافت‌کنندۀ قرص آهسته‌رهش مس بود. میش‌ها ۶۰ روز قبل از تاریخ پیش‌بینی زایمان، قرص آهسته‌رهش مس را دریافت کردند. در روز اول آزمایش، ۱۰ و ۶۰ روز پس از زایمان، خون‌گیری از میش‌ها انجام شد. پس از شروع زایمان، وزن تولد، جنسیت، تک‌قلو یا چندقلو بودن بره‌ها ثبت و خون‌گیری از آن‌ها در سن ۱۰ و ۶۰ روزگی انجام شد. غلظت مس و سرولوپلاسمین سرم به‌طور معنی‌داری در میش‌های دریافت‌کنندۀ قرص مس نسبت به میش‌های گروه شاهد بالاتر بود ($P<0/05$). در روز اول آزمایش (۶۰ روز قبل از زایمان) غلظت مس و سرولوپلاسمین سرم خون میش‌ها نسبت به روز ۱۰ و ۶۰ پس از زایش پایین‌تر بود، اما بین روزهای ۶۰ و ۱۰ پس از زایش تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. بره‌های متولد شده از مادران دریافت‌کنندۀ قرص آهسته‌رهش مس در مقایسه با بره‌های متولد شده از میش‌های گروه شاهد، وزن از شیرگیری، افزایش وزن روزانه، غلظت مس سرم، غلظت سرولوپلاسمین سرم، درصد هماتوکریت، تعداد گلبول قرمز و غلظت هموگلوبین بالاتری داشتند ($P<0/05$). به‌طور کلی نتایج نشان داد که خوراندن قرص آهسته‌رهش مس به میش‌ها در اواخر دورۀ آبستنی، باعث بهبود افزایش وزن روزانه و وزن از شیرگیری بره‌های آن‌ها شد.

واژه‌های کلیدی: بره، سرولوپلاسمین، گوسفند، گوگرد، مس.

مقدمه

جنین برای تأمین مواد مغذی از جمله عناصر معدنی کم‌مصرف به مادر وابسته است و آن‌ها را از طریق جفت تأمین می‌کند. عدم تأمین کافی عناصر معدنی طی آبستنی منجر به کمبود این عناصر در جنین شده که نتیجۀ آن بروز اختلالات در رشد، سیستم عصبی مرکزی، اسکلتی و متابولیسم جنین است (۱۳). علاوه بر این، نوزادان متولد شده از مادرانی که کمبود مواد معدنی داشته‌اند ذخایر مواد معدنی در بدن آن‌ها کاهش یافته و مستعد بیماری‌های ناشی از کمبود مواد معدنی در اوایل زندگی هستند (۳۳). مس از جمله عناصر معدنی کم‌مصرف است که در ساختار بسیاری از پروتئین‌های دخیل در سوخت و ساز، رشد، سیستم ایمنی و تولیدمثل وجود دارد و به‌عنوان کوفاکتور برخی از متالوآنزیم‌ها ایفای نقش می‌کند (۳۴). اگر چه مس جزئی از هموگلوبین نیست اما به‌واسطۀ آن که در ساختار سرولوپلاسمین وجود دارد برای تشکیل هموگلوبین ضروری است (۲۲). علاوه بر آن انتقال گروه متیل از متیل تتراهیدروفولات به طیف وسیعی از ماکرومولکول‌ها در چرخۀ متیلاسیون توسط آنزیم‌های

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران
۲- استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران
۳- استاد گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: Fadayifar.a@lu.ac.ir)
DOI: 10.22067/ijasr.v13i2.86149

وابسته به مس همانند متیونین‌سنتتاز و S-آدنوزیل هموسیستئین هیدرولاز انجام می‌گیرد (۱۶). هنگامی که فعالیت آنزیم متیونین سنتتاز مختل شود، متیلاسیون کاهش یافته و متیله شدن میلین مختل شده که باعث آسیب نخاعیِ ناشی از کمبود مس می‌شود (۱۶). مس در اکثر موارد یکی از عناصر معدنی محدودکننده برای رشد طبیعی جنین و نوزاد است و کمبود آن باعث کاهش رشد و نمو جنین می‌شود (۱۰). هنگامی که در جیرهٔ مادر کمبود مس وجود داشته باشد، انتقال مس از مادر به جنین برای رشد طبیعی کافی نبوده و این امر باعث اختلال در سیستم اعصاب مرکزی، سیستم اسکلتی و در نتیجه اختلال در متابولیسم بدن می‌شود (۸) که در بره و بزغاله‌ها این به دو شکل متفاوت بروز می‌کند: اول، شکل حاد که در آن حیوانات در بدو تولد مبتلا هستند و دوم، شکل تأخیری که ممکن است پس از گذشت ۳ ماه از تولد بروز کند که علائم آن شامل عدم تعادل در برخی از بره‌ها و بزغاله‌ها است که به صورت فلج آتاکسیک بروز پیدا کرده و در صورت عدم مداوا منجر به مرگ آن‌ها می‌شود (۳۳). این اختلال که به آن آتاکسیا نیز گفته می‌شود یک اختلال عصبی در بره‌ها و بزغاله‌هاست، که مشخصهٔ آن عدم هماهنگی در حرکت و مرگ و میر بالاست، و سال‌هاست که در بسیاری از مناطق دنیا با عناوین متفاوتی ازجمله پشت لرزان شناخته شده است (۳۳).

عوارض و اختلالات ناشی از کمبود مس به اشکال بالینی و تحت‌بالینی در بسیاری از مناطق کشور گزارش شده است (۹، ۱۳ و ۱۵). در مناطق جنوبی ایران گزارش‌های زیادی در خصوص کمبود مس وجود دارد، به‌طوری‌که (۲۴) با بررسی میزان مس در سرم و کبد و مطالعهٔ آسیب‌شناسی مغز و نخاع در بره‌های ارجاعی به دانشگاه شهید چمران اهواز، آتاکسی منطقه‌ای در مناطقی از استان خوزستان تأیید شده است. همچنین، سایر محققین نیز کمبود مس در گوسفندان برخی از مناطق استان خوزستان را گزارش دادند (۳۰). نتایج پژوهش‌های پیشین مؤید آن است که مصرف مواد معدنی کم‌مصرف به‌صورت قرص‌های آهسته‌رهش به‌طور کارآمدی سبب بهبود وضعیت عناصر و عملکرد دام‌های مصرف‌کننده آن‌ها می‌شود (۱، ۲، ۳، ۱۸، ۱۹، ۲۰ و ۳۵). به هر حال مطالعه‌ای در خصوص خوراندن قرص آهسته‌رهش مس به میش در اواخر دوره آبستنی و تأثیر آن بر وضعیت مس مادر و بره‌های آن‌ها تا زمان از شیرگیری موجود نمی‌باشد. از طرفی قرص آهسته‌رهش مس برای خود بره تا زمان ازشیرگیری محدودیت مصرف دارد، بنابراین هدف از مطالعهٔ حاضر بررسی تأثیر خوراندن قرص آهسته‌رهش مس بر عملکرد و برخی فراسنجه‌های خونی میش‌های آبستن و بره‌های متولد شده از آن‌ها بود.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در ایستگاه تحقیقاتی و آزمایشگاه تغذیه دام تکمیلی گروه علوم دامی دانشگاه لرستان انجام شد. در حدود هشت هفته قبل از زایمان، ۸۰ رأس میش لری بختیاری با میانگین وزنی ۳/۴۳ ± ۶۸/۳۲ (شکم زایش چهارم و نمرهٔ وضعیت بدنی ۳ الی ۳/۵) همزمان شده برای زایش به دو گروه ۴۰ رأسی تقسیم‌بندی شدند: ۱) گروه شاهد و ۲) گروه دریافت کنندهٔ قرص آهسته‌رهش مس. شصت روز قبل از تاریخ پیش‌بینی شدهٔ زایمان، قرص‌های (شرکت دگر اندیش مهرگان، ایران) مورد نظر توسط قرص‌خوران به هر یک از دام‌ها خورانده شد. نمره وضعیت بدنی هر گوسفند به‌طور جداگانه در حالت ایستاده با استفاده از روش نمره‌دهی کامل تعیین شد (۲۷)، در جایی‌که به امتیازدهی نیم نیاز بود، بر اساس اینکه وضعیت نمره بدنی حیوان بین کدام دو نمره وضعیت بدنی قرار گرفته، نمره وضعیت بدنی نیم توسط ارزیاب ثبت شد. میش‌ها قبل از شروع آزمایش، با استفاده از دو تزریق متوالی پروستاگلاندین (۲۵۰ میلی‌گرم در میلی‌لیتر کلوپرو ستنول سدیم، شرکت دارو سازی نصر، ایران) با فاصله ۹ روز برای فحلی همزمان شدند (۱۷). جهت اطمینان از مصرف قرص توسط دام‌ها، میش‌ها به مدت نیم‌ساعت به‌صورت انفرادی نگهداری شدند. طول دورهٔ آزمایش ۱۵۰ روز بود (۲ ماه قبل از زایمان تا ۳ ماه بعد از زایمان). میانگین وزن هر قرص ۰/۱±۱۰ گرم با نیمهٔ عمر یکسال با میانگین نرخ آزادسازی ۲ میلی‌گرم مس در روز بود. تمامی میش‌ها در طول دورهٔ آزمایش به‌صورت گروهی در یک گله نگهداری شدند و همگی با یک نوع جیرهٔ غذایی بر اساس جداول احتیاجات غذایی (۲۶) تغذیه شدند (جدول ۱). جهت تعیین پروتئین خام، چربی خام، خاکستر، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی از دستگاه طیف‌سنج بازتابی نزدیک به مادون قرمز (Near infrared reflectance spectroscope، مدل DA 7250، ساخت کشور سوئد) استفاده شد. غلظت عنصر کلسیم، روی، مس و مولیبدن با استفاده از دستگاه جذب اتمی (مدل 240FS AA، ساخت کشور آمریکا) اندازه‌گیری شد. غلظت گوگرد با استفاده از دستگاه آنالیز عنصری CHNS-O (مدل TECS 4010، ساخت کشور ایتالیا) تعیین شد.

پس از شروع زایمان، وزن تولد بره‌ها، جنسیت و تک‌قلو یا چندقلو بودن آن‌ها ثبت گردید. جهت بررسی عملکرد بره‌ها از اطلاعات حاصل از تمام ۴۰ رأس میش در هر گروه استفاده شد، اما جهت بررسی فراسنجه‌های خونی از هر گروه ۱۰ رأس برهٔ تک‌قلو و نر مورد ارزیابی قرار گرفت. بره‌ها از سن ۷ روزگی تا زمان ازشیرگیری با جیره کاملاً مخلوط شده حاوی ۷۵ درصد کنسانتره آغازین و ۲۵ درصد علوفه به صورت مصرف اختیاری تغذیه شدند (جدول ۱).

جدول ۱- آنالیز شیمیایی و ترکیبات جیرهٔ پایه.
Table 1- Chemical composition and ingredients of basal diets.

ترکیبات (درصد ماده خشک) Ingredient (%DM)	میش	بره شیرخوار
جو Barley	4.5	10
ذرت Corn	6	32
سبوس گندم Wheat bran	5	10
کنجاله سویا Soybean meal	4.5	19
یونجه خشک Alfalfa hay	22	20
کاه گندم Wheat straw	44	5
سیلوی ذرت Corn silage	12	–
پیش‌مخلوط معدنی و ویتامینه میش داشتی[۱] Mineral and vitamin premix for ewe	2	-
پیش‌مخلوط معدنی و ویتامینه بره شیرخوار[۲] Mineral and vitamin premix for suckling lamb	-	4
آنالیز شیمیایی Chemical composition		
ماده آلی (درصد ماده خشک) Organic matter (%DM)	93.8	91.4
پروتئین خام (درصد ماده خشک) Crude protein (%DM)	9.6	18.1
عصاره اتری (درصد ماده خشک) Ether extract (%DM)	1.72	2.86
الیاف نامحلول در شوینده خنثی (درصد ماده خشک) Neutral detergent fiber (%DM)	53.2	26.0
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (درصد ماده خشک) Acid detergent fiber (%DM)	32.0	32.0
کربوهیدرات‌های غیر فیبری (درصد ماده خشک) Non-fiber carbohydrates (%DM)	26.0	44.5
خاکستر (درصد ماده خشک) Ash (%DM)	6.15	8.55
انرژی قابل متابولیسم (مگاکالری/کیلوگرم ماده خشک) Metabolizable Energy (Mcal/Kg DM)	2.18	2.68
کلسیم (درصد ماده خشک) Calcium (%DM)	0.76	0.92
فسفر (درصد ماده خشک) Phosphorus (%DM)	0.31	0.50
گوگرد (درصد ماده خشک) Sulfur (%DM)	0.53	0.24
روی (میلی‌گرم/کیلوگرم ماده خشک) Zinc (mg/kg DM)	23.4	57.4
مس (میلی‌گرم/کیلوگرم ماده خشک) Copper (mg/kg DM)	5.79	7.66
مولیبدن (میلی‌گرم/کیلوگرم ماده خشک) Molybdenum (mg/kg DM)	0.14	0.32

[۱]هر کیلوگرم از پیش‌مخلوط حاوی: ۲۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۴۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D3، ۴۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین E، ۶۰۰ میلی‌گرم منگنز، ۶۰۰ میلی‌گرم روی، ۱۰ میلی‌گرم سلنیوم، ۲۰۰ گرم کلسیم، ۲۰ گرم فسفر، ۱۰ میلی‌گرم کبالت، ۱۰ میلی‌گرم ید، ۲ گرم منیزیم، ۵۰۰ گرم سدیم و ۲۰۰ میلی‌گرم آنتی‌اکسیدان بود.

[۲]هر کیلوگرم از پیش‌مخلوط حاوی: ۲۵۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۲۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D_3، ۸۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین E، ۱۰ میلی‌گرم ویتامین K_3، ۱۰ میلی‌گرم ویتامین B_1، ۲۵ میلی‌گرم ویتامین B_2، ۵۰ میلی‌گرم ویتامین B_5، ۱۵ میلی‌گرم ویتامین B_6، ۶ میلی‌گرم ویتامین B_9، ۰/۲۰ میلی‌گرم ویتامین B_{12}، ۳۰۰ میلی‌گرم منگنز، ۴۰۰ میلی‌گرم روی، ۵ میلی‌گرم سلنیوم، ۱۶۰ گرم کلسیم، ۲۰ گرم فسفر، ۱۰ میلی‌گرم کبالت، ۱۰ میلی‌گرم ید، ۲ گرم منیزیم، ۳/۹۰ گرم سدیم و ۲۰۰ میلی‌گرم آنتی‌اکسیدان بود.

[1]Each kilogram of premix contains: 200,000 IU of vitamin A, 40,000 IU of vitamin D3, 4,000 IU of vitamin E, 600 mg of manganese, 600 mg of zinc, 10 mg of selenium, 200 g calcium, 20 g phosphorus, 10 mg cobalt, 10 mg iodine, 2 g magnesium, 500 g sodium and 200 mg antioxidants.

[2]Each kilogram of premix contains: 250,000 IU of vitamin A, 20,000 IU of vitamin D3, 800 IU of vitamin E, 10 mg of vitamin K3, 10 mg of vitamin B1, 25 mg of vitamin B2, 50 mg of vitamin B5, 15 mg of vitamin B6, 6 mg of vitamin B9, 0.20 mg of vitamin B12, 300 mg of manganese, 400 mg of zinc, 5 mg of selenium, 160 g of calcium, 20 g of phosphorus, 10 mg of cobalt, 10 mg of iodine, 2 g of magnesium, 3.90 g of sodium and 200 mg of antioxidants.

برههای متولد شده در زمان تولد و سن سه ماهگی توزین شدند و میانگین افزایش وزن روزانه محاسبه گردید. در روز اول آزمایش قبل از خوراندن قرص (۶۰ روز قبل از زایش) از تمامی میش‌ها خون‌گیری انجام شـــد، اما در روز های ۱۰ و ۶۰ پس از زایش از میش هایی خون‌گیری به‌عمل آمد که برههای آن‌ها نیز برای خون‌گیری در ســن ۱۰ و ۶۰ روزگی انتخاب شده بودند. نمونه‌های خون مربوط به هر دام در هر روز در ۲ لولهٔ مجزا جمع‌آوری شـــدند. یک لوله حاوی هپارین برای تهیهٔ نمونه خون کامل و یک لوله بدون ماده ضـــد انعقاد برای اسـتخراج سـرم بود. نمونه‌های خون جمع‌آوری شـده بدون ماده ضـد انعقاد به مدت ۱۵ دقیقه در ۹۰۰ g ســانتریفوژ (مدل Rotofix 32A، ساخت آلمان) شدند و سرم آن‌ها جدا شد. نمونه‌های سرم جمع‌آوری شــده به‌منظور تعیین غلظت روی، مس، آهن و ســرولوپلاســمین در دمای ۱۸- درجه ســانتی‌گراد تا زمان آنالیز نگه‌داری شـــدند. از نمونه خون کامل برای تعیین فرا سنجه‌های خونی ا ستفاده شد. غلظت مس سرم مادر و غلظت روی و مس سرم برههای متولد شده با ا ستفاده از کیت‌های مخصوص شرکت بایرکس فارس، میزان غلظت آهن سرم با اســتفاده از کیت تشــخیص کمی آهن شــرکت پارس آزمون با روش فتومتریک و میزان سرولوپلاسمین سرم خون میش و برههای آن‌ها با استفاده از کیت سرولوپلاسمین شرکت بیونیک بر اساس دستورالعمل هر کدام از کیت‌ها تعیین شدند. روش آماده سازی کالیبراتور، کنترل و نمونه‌ها به شرح دستورالعمل شرکت‌های سازنده انجام شد. به‌منظور اندازه‌گیری فراســنجه‌های خونی برهها (تعداد گلبول‌های ســفید، تعداد گلبول‌های قرمز، درصـــد هماتوکریت و غلظت هموگلوبین) خون‌های گرفته شــده در ۱۰ و ۶۰ روزگی در لوله‌های حاوی هپارین، بلافاصـله به آزمایشــگاه ارســال شــد و شــمارش یاخته‌های خونی با اســتفاده از دستگاه شمارش سلولی (مدل Coulter S8، ساخت آمریکا) انجام شد.

آنالیز آماری داده‌ها

داده‌های وزن تولد، وزن از شــیرگیری برهها و افزایش وزن روزانهٔ برهها با اســتفاده از روش آنالیز واریانس در قالب طرح کاملاً تصــادفی تجزیهٔ آماری شد. همچنین داده‌ها به صورت میانگین حداقل مربعات گزارش شد و میانگین بین تیمارها با آزمون T مقایسه شد (معادلهٔ ۱) اثرات متقابل بین تیمار، جنس بره (نر یا ماده) و نوع تولد (تک‌قلو یا چندقلو) معنی‌دار نبود، بنابراین اثر متقابل آن‌ها از مدل حذف شد:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + A_j + B_k + e_{ijkl} \qquad (۱)$$

که در این مدل، μ: میانگین جامعه، T_i اثر تیمار iام، A_j اثر جنســیت jام (ماده یا نر)، B_k اثر نوع تولد kام (تک‌قلو یا چندقلو) و e اثر خطا است.

فرا سنجه‌های خونی میش‌ها و برههای آن‌ها به صورت داده‌های تکرار شده در واحد زمان و در قالب طرح کاملاً تصادفی تجزیهٔ آماری شدند که مدل آماری آن در ذیل (معادلهٔ ۲) نشان داده شده است:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + e_{aijl} + e_{bijkl} \qquad (۲)$$

در این مـدل μ اثر میـانگین، A_i اثر تیمـارiام، B_j اثر زمـان خون‌گیری jام، AB_{ij} اثر متقابل تیمار و زمان نمونه‌گیری، e_{aijl} اثر تصادفی حیوان و e_{bijkl} خطای باقیمانده هستند. مقایسه میانگین‌ها با اســتفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن با ســطح احتمال معنی‌داری (P<۰/۰۵) انجام شد.

نتایج و بحث

فراسنجه‌های خونی میش‌ها

غلظت مس و سرولوپلا سمین سرم (جدول ۲) به‌طور معنی‌داری در میش‌های دریافت‌کنندهٔ قرص مس نســبت به شــاهد بالاتر بود (P<۰/۰۵). در روز صفر آزمایش (۶۰ روز قبل از زایش) غلظت مس و ســرولوپلاســمین ســرم خون میش‌ها نســبت به روز ۱۰ و ۶۰ پس از زایش پائین‌تر بود (P<۰/۰۵)، اما بین روز ۶۰ پس از زایش و روز ۱۰ پس از زایش تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

غلظت مس سرم در نشخوارکنندگان در حالت طبیعی در دامنهٔ ۹ تا ۱۵ میکرومول در لیتر (۰/۵۵ تا ۰/۹۵ میلی‌گرم در لیتر) گزارش شده اســت (۳۳) به‌طوری‌که غلظتِ مس ســرم در میش‌ها قبل از شــروع آزمایش در دامنهٔ طبیعی قرار داشــت. مطابق با نتایج تحقیق حاضــر، چراغی مشعوف و همکاران گزارش کردند که افزودن ۸ میلی‌گرم مس به جیره میش‌های آبســتن با جیرهٔ پایه حاوی ۷/۵۱ میلی‌گرم مس در کیلوگرم ماده خشک در ۴۵ روز قبل از زایمان و ۳۰ روز پس از زایمان سبب افزایش غلظت مس پلا سما شد (۹). مشخص شده است که اســتفاده از ترکیبات خوراکی و تزریقی مس در گله‌های با کمبود مس در منطقه خوزستان، غلظت سرمی مس میش‌های آبستن را افزایش داد (۳۱).

همسو با نتایج حاضر، استفاده از ترکیبات خوراکی و تزریقی مس در میش‌های دچار کمبود مس، سبب افزایش غلظت سرولوپلاسمین سرم در خون آن‌ها شد (۳۱). افزودن ۱۴ میلی‌گرم پروتئینات مس به جیره برههای پرواری با جیرهٔ پایه حاوی ۷/۳۸ میلی‌گرم مس در هر کیلوگرم ماده خشک نیز غلظت سرولوپلاسمین سرم خون را افزایش داد (۳۲). همچنین محققین دیگری نیز (۱۳) با افزودن مس به صورت آلی و معدنی به جیرهٔ برههای پرواری افزایش در غلظت سرولوپلاسمین ســرم خون را گزارش کردند. ســرولوپلاســمین در پلاســما فعالیت فروکسیدازی دارد و سبب تسهیل انتقال آهن از طریق تشکیل Fe (III) ترانسفرین می‌گردد.

جدول ۲- اثر استفاده از قرص آهسته‌رهش مس بر غلظت‌های مس و سرلوپلاسمین سرم میش‌ها[۱]
Table 2- The effect of slow-release bolus of copper on serum copper and ceruloplasmin concentrations of ewes[1]

تیمار Treatment	متابولیت‌های سرم Serum metabolites	
	مس Copper (mg/l)	سرولوپلاسمین Ceruloplasmin (mg/dl)
شاهد Control	0.70^{b}	9.68^{b}
قرص مس Copper bolus	0.83^{a}	11.80^{a}
SEM	0.03	0.40
روز Day		
۶۰ روز قبل از زایش 60 days before lambing	0.63^{b}	9.38^{b}
۱۰ روز پس از زایش 10 days after lambing	0.81^{a}	12.02^{a}
۶۰ روز پس از زایش 60 days after lambing	0.83^{a}	11.45^{a}
SEM	0.04	0.40
P-value		
تیمار Treatment	0.01	0.03
روز Day	0.02	<0.01
تیمار × روز Treatment × Day	0.20	0.09

[a,b] میانگین‌های هر ستون با حروف غیر مشابه دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند (P< 0.05)
[a,b] **Means** in column with different superscripts differ significantly (P<0.05).

نقش مس در خون‌سازی از طریق سرولوپلاسمین انجام می‌گیرد، زیرا سرولوپلاسمین در جذب آهن از مخاط روده‌ای، برداشت آن از بافت‌ها و استفاده از آهن در سنتز هموگلوبین به جای بیوسنتز هِم نقش دارد (۳۳). همچنین سرولوپلاسمین باعث تسهیل اتصال آهن به پروتئین ذخیره‌ای فریتین می‌شود و همچنین ممکن است از طریق جمع‌آوری آهن آزاد و حذف رادیکال‌های آزاد در دفاع آنتی‌اکسیدانی نقش داشته باشد (۳۳).

عملکرد رشد

نتایج مربوط به میانگین حداقل مربعات وزن تولد، وزن ازشیرگیری و افزایش وزن روزانه بره‌های متولد شده در جدول ۳ نشان داده شده است. میانگین حداقل مربعات وزن تولد تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت (P>۰/۰۵)، اما میانگین حداقل مربعات وزن ازشیرگیری و افزایش وزن روزانه در بره‌های متولد شده از مادران دریافت‌کنندهٔ قرص‌های آهسته‌رهش مس نسبت به بره‌های متولد شده از تیمار شاهد بیشتر بود (P<۰/۰۵). میانگین حداقل مربعات وزن تولد، وزن از شیرگیری و افزایش وزن روزانه تحت تأثیر اثر جنسیت و نوع زایش قرار نگرفتند.

همسو با نتایج تحقیق حاضر، افزودن ۱۰ میلی‌گرم مکمل مس به‌صورت سولفات مس در هر کیلوگرم ماده خشک به جیرهٔ پایه حاوی ۷/۳۸ میلی‌گرم مس در هر کیلوگرم ماده خشک، باعث بهبود افزایش وزن روزانه در بزهای کشمیری شد (۳۷). همچنین، افزودن ۱۹ میلی‌گرم مس در کیلوگرم ماده خشک به صورت کلرید مس به جیرهٔ پایه حاوی ۴/۷۲ میلی‌گرم مس در هر کیلوگرم ماده خشک، باعث بهبود عملکرد بزهای کشمیری شد (۳۶).

جدول ۳- وزن تولد، وزن ازشیرگیری و افزایش وزن روزانه بره‌های متولد شده از مادران دریافت‌کنندۀ قرص آهسته‌رهش مس

Table 3- Birth weight, weaning weight, and average daily gain in lambs born to mothers receiving slow-release bolus of copper.

تیمار Treatment	وزن تولد Birth weight (Kg)	وزن از شیرگیری Weaning weight (Kg)	افزایش وزن روزانه Daily weight gain (Kg)
شاهد Control	5.31	23.2[b]	0.20[b]
قرص مس Copper bolus	5.22	27.6[a]	0.25[a]
SEM	0.15	1.32	0.01
جنسیت Gender			
نر Male	5.25	26.0	0.23
ماده Female	5.12	25.6	0.22
SEM	0.16	1.42	0.01
نوع زایش Type of birth			
تک قلو Singleton	5.21	26.1	0.23
دوقلو Twin	4.90	24.1	0.21
SEM	0.20	1.72	0.01
P-value			
Treatment	0.10	0.03	0.02
Gender	0.63	0.74	0.69
Type of Birth	0.18	0.84	0.96

[a,b] وجود حروف متفاوت در هر ستون، نشان‌دهندۀ اختلاف آماری معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۰/۰۵ درصد می‌باشد.

[a,b] Means in a column with different superscripts differ significantly (P<0.05).

در پژوهشی افزودن ۱۰ میلی‌گرم مس در هر کیلوگرم ماده خشک به جیره بره‌های پرواری حاوی ۸/۲ میلی‌گرم مس در کیلوگرم ماده خشک اثر مطلوبی بر عملکرد آن‌ها داشت (۱۴). در تحقیقی دیگر، افزودن ۳۰ میلی‌گرم سولفات مس به جیره غذایی گوساله‌های پرواری با کمبود مس باعث بهبود افزایش وزن روزانه شد (۱۱). بر خلاف نتایج تحقیق حاضر، در پژوهشی افزودن ۸ میلی‌گرم مس به جیرۀ غذایی مادر حاوی ۷/۵۱ میلی‌گرم مس در هر کیلوگرم ماده خشک، ۴۵ روز قبل از زایمان و ۳۰ روز پس از زایمان اثری بر عملکرد بره‌ها در سن یک ماهگی نداشت (۹)، که ممکن است یکی از دلایل اختلاف نتایج تحقیق حاضر با مطالعه فوق مربوط به زمان وزن‌کشی بره‌های متولد شده، اختلاف در غلظت مس جیره پایه یا آنتاگونیست‌های مس جیره‌ای باشد. کمبود عناصر کم‌مصرف به ویژه روی و مس باعث تحریک کاتابولیسم پروتئین می‌شود و با ایجاد تفاوت در متابولیسم اسیدنوکلئیک، بیوسنتز پروتئین را محدود می‌کند و در نتیجه بازسازی و رشد را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۶). به هر حال کمبود مس می‌تواند عملکرد نتاج را از طریق کاهش شیر تولیدی توسط مادر و افزایش ضریب تبدیل غذایی تحت تاثیر قرار دهد (۳۳).

فراسنجه‌های خونی بره‌ها

نتایج مربوط به غلظت مس، روی، آهن و سرولوپلاسمین سرم خون بره‌های متولد شده از مادران دریافت کنندۀ قرص آهسته‌رهش مس، در جدول ۴ ارائه شده است. غلظت مس، آهن، سرولوپلاسمین سرم، درصد هماتوکریت، تعداد گلبول‌های قرمز و غلظت هموگلوبین خون به‌طور معنی‌داری در بره‌های متولد شده از مادران دریافت‌کنندۀ قرص آهسته‌رهش مس نسبت به گروه شاهد بیشتر بود (P<۰/۰۵). تعداد گلبول‌های سفید بره‌های متولد شده از مادران دریافت‌کنندۀ قرص آهسته‌رهش مس نسبت به تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت. غلظت مس، روی و سرولوپلاسمین سرم و درصد هماتوکریت، تعداد گلبول‌های قرمز و غلظت هموگلوبین خون بره‌های متولد شده تحت تأثیر روزهای نمونه‌برداری قرار نگرفتند، اما غلظت آهن سرم و تعداد گلبول‌های سفید خون به‌طور معنی‌داری در سن ۶۰ روزگی نسبت به سن ۱۰ روزگی بیشتر بود (P<۰/۰۵).

جدول ٤- مواد معدنی سرم و برخی فراسنجه‌های خونی بره‌های متولد شده از مادران دریافت‌کنندهٔ قرص آهسته‌رهش مس.

Table 4- Serum minerals and some blood parameters in lambs born to mothers receiving slow-release bolus of copper

تیمار Treatment	مس Copper (mg/l)	روی Zinc (mg/l)	آهن Iron (mg/l)	سرولوپلاسمین Ceruloplasmin (mg/dl)	هماتوکریت Hematocrit (%)	گلبول‌های سفید خون White blood cells (×10³/µl)	گلبول‌های قرمز خون Red blood cells (×10⁶/µl)	هموگلوبین Hemoglobin (g/dl)
شاهد Control	0.69[b]	1.26	2.250[b]	7.54[b]	27.5[b]	12.2	3.93[b]	11.3[b]
قرص مس Copper bolus	0.10[a]	1.17	2.65[a]	11.77[a]	32.1[a]	13.0	4.61[a]	12.1[a]
SEM	0.03	0.08	0.13	0.48	1.26	0.83	0.15	0.22
روز Day								
سن ۱۰ روزگی 10 days old	0.93	1.12	2.03[b]	10.3	29.5	10.6[b]	4.10	11.4
سن ۶۰ روزگی 60 days old	0.81	1.27	2.78[a]	9.62	29.7	14.25[a]	4.36	11.9
SEM	0.03	0.08	0.14	0.49	1.26	0.83	0.15	0.22
P-value								
Treatment	<0.01	0.44	0.04	<0.01	<0.01	0.20	<0.01	0.03
Day	0.40	0.37	<0.01	0.98	0.73	0.01	0.17	0.29
Treatment×Day	0.22	0.98	0.62	0.37	0.39	0.16	0.91	0.06

[a,b] وجود حروف متفاوت در هر ستون، نشان‌دهندهٔ اختلاف آماری معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۰/۰۵ درصد می‌باشد.

[a,b] Means in column with different superscripts differ significantly ($P<0.05$).

مسو با نتایج تحقیق حاضر، در مطالعه‌ای افزودن ۸ میلی‌گرم مس به جیرهٔ میش‌های آبستن سبب افزایش معنی‌دار غلظت مس پلا سما در بره‌های متولد شده در سن ۲۰ روزگی شد (۹). مشخص شده است که اســـتفاده از ترکیبات خوراکی و تزریقی مس در گله دچار کمبود مس، غلظت سرمی مس در میش‌های آبستن را افزایش می‌دهد (۳۱). با افزودن ۱۰ میلی‌گرم مس به جیرهٔ غذایی بزهای کشـــمیری غلظت مس پلاسمای آن‌ها افزایش یافت (۳۷). در بررسی دیگری نیز افزودن ۱۵ میلی‌گرم مس به‌صـــورت مس-لیزین به جیره غذایی بره‌های پرواری حاوی ۵/۶ میلی‌گرم مس در ماده خشک جیره، افزایش غلظت مس پلاســـما گزارش شـــد (۱۵). افزودن ۱۰ میلی‌گرم مس به جیرهٔ غذایی گو ساله‌های پرواری حاوی ۸/۲ میلی‌گرم مس در کیلوگرم ماده خشک، سبب افزایش غلظت مس پلاسمای آن‌ها شد (۲۲). زمانی‌که غلظت مس علوفه های غالب چراگاه کمتر از ۳ میلی‌گرم در هر کیلوگرم ماده خشک باشد علائم کمبود مس در دام کاملاً مشهود شده و در غلظت ۳ تا ۵ میلی‌گرم مس در هر کیلوگرم ماده خشک حیوان را در معرض کمبود قرار داده و ســـطوح بالاتر از ۵ میلی‌گرم در هر کیلوگرم ماده خشک برای دام کافی بوده، مگر اینکه آنتاگونیست‌های تغذیه‌ای مس ســـبب کمبود ثانویهٔ مس شـــوند (۲۹). مهمترین آنتاگونیســـت‌های تغذیه‌ای مس، غلظت بالای مولیبدن، گوگرد و روی در جیرهٔ غذایی اســـت (۳۳). مولیبدن از طریق تشـــکیل تیومولیبدات مس، گوگرد از طریق تشـکیل سـولفید مس و روی از طریق تحریک ســـنتز پروتئین متالوتیونین در جذب مس اختلال ایجاد می‌کنند (۳۳). سطح قابل تحملِ گوگرد جیره‌ای در گوسفندهای دریافت‌کنندهٔ نسبت بالای کنســـانتره، ۰/۳ درصـــد ماده خشـــک جیره و در گوســـفندان دریافت‌کنندهٔ سطح بالای علوفه، ۰/۵ درصد ماده خشک جیره گزارش شده است (۲۵). گوگرد زیست‌فراهمی مس را از طریق تشکیل رسوب سولفید مس کاهش داده و از این طریق سبب کاهش سطح مس خون می‌شـود (۳۳). در پژوهش حاضـر پس از آنالیز جیرهٔ غذایی مشـخص شد که جیرهٔ پایه حاوی ۰/۵۳ درصد گوگرد است و ممکن است کمبود مس مشاهده شده مربوط به همین موضوع باشد. این اطلاعات نشان می‌دهد که در هنگام ارزیابی میزان مصرف مس در نشخوارکنندگان، در نظر گرفتن میزان گوگرد جیره بسیار حائز اهمیت است. در آزمایش حاضر، غلظت مس سرم خون بره‌های متولد شده از مادران گروه شاهد در مقایســـه با بره‌های متولد شـده از مادران دریافت‌کننده قرص مس کمتر بود و ۳ رأس از آن‌ها، در روزهای اولیه پس از تولد با علائم فلجی به ویژه در پاهای عقبی، عدم تعادل و تلوتلو خوردن تلف شدند.

مطابق با نتایج حاضـــر، با افزودن ۸ میلی‌گرم مس به جیرهٔ میش‌های آبســـتن، تغییری در غلظت روی پلاســـمای بره‌های متولد شده مشاهده نشد (۹). همچنین، افزودن مس به جیرهٔ پایه حاوی ۸/۶ میلی‌گرم مس در هر کیلوگرم ماده خشـــک اثر معنی‌داری بر غلظت روی پلاسما بره‌های پرواری نداشت (۴). در بررسی دیگری نیز افزودن ۱۵ میلی‌گرم مس به‌صـــورت مس-لیزین به جیرهٔ بره‌های پرواری اثر معنی‌داری بر غلظت روی پلاســما نداشــت (۱۵). در تحقیقات دیگری نیز افزودن مس به جیره پایه، تغییر معنی‌داری در غلظت روی پلا سما ایجاد نکرد (۱۰و۱۳). غلظت بالای مس در جیره غذایی سبب تحریک سنتز متالوتیونین شده و این پروتئین در سلول‌های انتروسیت روده به علت میل ترکیبی شدید به روی و مس مانع جذب آن‌ها می‌شود (۳۳).

همسو با نتایج تحقیق حاضر، مشخص گردید که موش‌های تازه متولد شده و دچار کمبود مس، از غلظت آهن پایین‌تری در پلا سمای خود برخوردار بودند (۲۸) که مکانیســـم‌های مختلفی در این زمینه گزارش شده است. کمبود مس می‌تواند عملکرد آنزیم فرواک سیداز را کاهش داده و انتقال آهن از طریق جفت به جنین را محدود کند (۵). در موش‌های متولد شـــده از مادران دچار کمبود مس، انتقال آهن در سلول‌های انتروسیت کاهش یافته و این امر سبب کاهش غلظت آهن پلا سما می شود (۲۸). کاهش فعالیت سرولوپلا سمین در حیوانات با کمبود مس، احتمالاً توانایی حمل و نقل آهن از ماکروفاژها و ذخایر کبدی را مختل کرده، و از این طریق سبب کاهش غلظت آهن پلاسما می‌شود (۲۸).

در تأیید نتایج حاضر، استفاده از ترکیبات خوراکی و تزریقی مس در میش‌های دچار کمبود مس، سبب افزایش غلظت سرولوپلا سمین ســـرم خون شـــد (۳۱). افزودن ۱۴ میلی‌گرم پروتئینات مس به جیرهٔ بره‌های پرواری (جیره پایه حاوی ۷/۳۸ میلی‌گرم مس در هر کیلوگرم ماده خشک) سبب افزایش غلظت سرولوپلاسمین سرم خون شد (۳۲).

هم سو با نتایج تحقیق حاضر، افزودن ۲۰ میلی‌گرم مس به جیرهٔ بره‌های پرواری (حاوی ۸/۶ میلی‌گرم مس در کیلوگرم ماده خشـــک) ســـبب افزایش درصـــد هماتوکریت شـــد (۷). در گزارشـــی، درصـــد هماتوکریت در میش های دچار کمبود مس، کاهش یافت (۲۳). همچنین کمبود مس در موش سـبب کاهش درصـد هماتوکریت شـد (۲۱) که این محققین دلیل کاهش درصـــد هماتوکریت را مرتبط با کاهش تعداد گلبول های قرمز خون گزارش کردند. ممکن اســـت افزایش درصـد هماتوکریت در تحقیق حاضـر نیز انعکاســی از افزایش تعداد گلبول‌های قرمز خون باشد.

همســـو با نتایج تحقیق حاضـــر، افزودن ۸ میلی‌گرم مس به جیرهٔ میش‌های آبســـتن، باعث افزایش تعداد گلبول‌های قرمز خون بره‌های متولد شده از آن‌ها شد (۹). در تحقیق دیگری نیز افزودن ۲۰ میلی‌گرم مس به جیرهٔ بره‌های پرواری (حاوی ۸/۶ میلی‌گرم مس در کیلوگرم ماده خشـــک)، باعث افزایش تعداد گلبول‌های قرمز خون گردید (۷). عنوان شـــده اســـت که کمبود مس در موش ســـبب کاهش تعداد گلبول‌های قرمز می شود (۲۱). مس موجود در سرولوپلا سمین، برای جذب آهن از کبد و انتقال آن به مغز اســـتخوان ضـــروری اســـت. در صورت کمبود مس، آهن در کبد تجمع می‌یابد و آهن در گردش خون و مغز اســـتخوان کاهش می‌یابد، در نتیجه کمبود مس باعث کاهش

کارآیی خون‌سازی می‌شود (۱۲).

همســو با نتایج تحقیق حاضــر، غلظت هموگلوبین خون بره‌های متولد شــده از میش‌های آبســتنی که روزانه ۸ میلی‌گرم مس دریافت می‌کردند، افزایش یافت (۹). همچنین، افزودن ۲۰ میلی‌گرم مسِ آلی و معدنی به جیرهٔ بره‌های پرواری، ســبب افزایش غلظت هموگلوبین خون شد (۷). افزایش غلظت گلبول‌های قرمز و به‌دنبال آن هموگلوبین در بره‌های متولد شــده از مادران دریافت کنندهٔ قرص آهســته‌رهش مس، می‌تواند مرتبط با نقش آنتی‌اکســیدانی مس به‌واســطهٔ آنزیم ســوپراکســید دیســموتاز در حفاظت از گلبول‌های قرمز و هموگلوبین خون باشد (۳۳).

نتیجه گیری کلی

نتایج تحقیق حاضــر نشــان داد که خوراندن قرص آهســته‌رهش مس به مادر در اواخر دورهٔ آبستنی سبب بهبود وضعیت مس در مادر و افزایش عملکرد بره‌های آن‌ها شد.

سپاسگزاری

از پرســنل محترم آزمایشــگاه مرکزی دانشــگاه لرســتان به‌خاطر همکاری‌های لازم در خصــوص اندازه‌گیری فراســنجه‌های خونی تحقیق حاضر تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

منابع

1. Abdelrahman, M. M., R. S. Aljumaah, and R. U. Khan. 2017. Effects of prepartum sustained-release trace elements ruminal bolus on performance, colustrum composition and blood metabolites in Najdi ewes. Environmental Science and Pollution Research, 24: 9675-9680.
2. Abdollahi, E., H. Kohram, M. Shahir, and M. Nemati. 2015. The influence of a slow-release multi-trace element ruminal bolus on trace element status, number of ovarian follicles and pregnancy outcomes in synchronized Afshari ewes. Iranian Journal of Veterinary Research, 16: 63-68.
3. Aliarabi, H., A. Fadayifar, R. Alimohamady, and A. H. Dezfoulian. 2018. The effect of maternal supplementation of Zinc, Selenium, and Cobalt as slow-release ruminal bolus in late pregnancy on some blood metabolites and performance of ewes and their lambs. Biological Trace Element Research, 187: 403-410.
4. Aliarabi, H., M. Tabatabaei, A. Fadayifar, S. Torkashvand, A. Bahari, P. Zamani, D. Alipour, and A. H. Dezfoulian. 2012. Effects of supplementing organic zinc, with or without copper, on performance, plasma minerals and some enzymes activities in Mehraban male lambs. Journal of Animal Science Research, 21: 111-122. (In Persian).
5. Andersen, H. S., L. Gambling, G. Holtrop, and H. J. McArdle. 2007. Effect of dietary copper deficiency on iron metabolism in the pregnant rat. British Journal of Nutrition, 97: 239-246.
6. Ashour, M. P., and A. P. R. Saber. 2012. Assessment of serum values of copper in ewes. Annals of Biological Research, 3: 1645-1649.
7. Bahari, A., H. Aliarabi, M. M. Tabatabaei, A. H. Dezfoulian, J. Rashidi, P. Zamani, D. Alipour, A. Sadeghinasab, Z. Bakhtiari and A. Fadayifar. 2012. Influence of different levels and sources of copper supplementation on hematology, ceruloplasmin, and plasma concentration of copper, zinc and iron in Mehraban male lambs. Iranian Journal of Animal Science, 43: 161-171. (In Persian).
8. Bastian, T. W., J. R. Prohaska, M. K. Georgieff and G. W. Anderson. 2010. Perinatal iron and copper deficiencies alter neonatal rat circulating and brain thyroid hormone concentrations. Endocrinology, 151: 4055-4065.
9. Cheraghi Mashoof, L., H. Aliarabi, A. Farahavar, P. Zamani and R. Alimohamady. 2018. The effect of adding zinc and copper to diet of late-pregnant ewes on blood and milk minerals profile, lambs growth performance and some blood parameters. Iranian Journal of Animal Science, 49: 267-284. (In Persian).
10. Ergaz, Z., D. Shoshani-Dror, C. Guillemin, M. Neeman-azulay, L. Fudim, S. Weksler-Zangen, C. J. Stodgell, R. K. Miller and A. Ornoy. 2012. The effect of copper deficiency on fetal growth and liver anti-oxidant capacity in the Cohen diabetic rat model. Toxicology and Applied Pharmacology, 265: 209-220.
11. Fagari-Nobijari, H., H. Amanlou and M. Dehghan-Banadaky. 2013. The use of copper supplementation to improve growth performance and claw health in young Holstein bulls. Journal of Agricultural Science and Technology, 15: 77-86.
12. Halfdanarson, T. R., N. Kumar, C. Y. Li, R. L. Phyliky and W. J. Hogan. 2008. Hematological manifestations of copper deficiency: a retrospective review. European Journal of Haematology, 80: 523-531.
13. Hidiroglou, M. and J. Knipfel. 1981. Maternal-fetal relationships of copper, manganese, and sulfur in ruminants. A review. Journal of Dairy Science, 64: 1637-1647.

14. Hosainpour, N. and M. A. Norouzian and A. Afzalzadeh. 2014. The effect of different sources of copper supplement on gas production and nutrient digestibility parameters in Zandi sheep. Journal of Animal Production. 16: 93-101. (In Persian).
15. Hozhabri, F., M. Darabi and M. M. Moeini. 2018. Assessing the various copper supplements effect on performance, some blood parameters and humoral immune response of male Sanjabi lambs. Journal of Ruminant Research, 6: 101-116. (In Persian).
16. Jaiser, S. and G. Winston. 2008. Copper deficiency myelopathy and subacute combined degeneration of the cord: why is the phenotype so similar?. Medical Hypotheses, 71: 229-236.
17. Kachuee, R., M. Moeini, and M. Souri. 2014. Effects of organic and inorganic selenium supplementation during late pregnancy on colostrum and serum Se status, performance and passive immunity in Merghoz goats. Animal Production Science, 54: 1016-1022.
18. Kendall, N., A. Mackenzie and S. Telfer. 2001. Effect of a copper, cobalt and selenium soluble glass bolus given to grazing sheep. Livestock Science, 68: 31-39.
19. Kendall, N., A. Mackenzie and S. Telfer. 2012. The trace element and humoral immune response of lambs administered a zinc, cobalt and selenium soluble glass bolus. Livestock Science, 148: 81-86.
20. Kendall, N., S. McMullen, A. Green and R. Rodway. 2000. The effect of a zinc, cobalt and selenium soluble glass bolus on trace element status and semen quality of ram lambs. Animal Reproduction Science, 62: 277-283.
21. Matak, P., S. Zumerle, M. Mastrogiannaki, S. El Balkhi, S. Delga, J. R. Mathieu, F. Canonne-Hergaux, J. Poupon, P. A. Sharp and S. Vaulont. 2013. Copper deficiency leads to anemia, duodenal hypoxia, upregulation of HIF_2-α and altered expression of iron absorption genes in mice. PLoS One, 8: e59538.
22. McDonald, P., R. A. Edwards, J. F. D.Greenhalgh, C. A. Morgan, L. A. Sinclair and R. G. Wilkinson. 2011. Animal Nutrition. 7th edition. England UK.
23. Naji, H. A. 2017. The effect of zinc and copper deficiency on hematological parameters, oxidative stress and antioxidants levels in the sheep. Basrah Journal of Veterinary Research, 16: 344-355.
24. Nouri, M. and A. Rasooli and B. Mohammadian. 2005. Enzootic ataxia in lambs. Indian Veterinary Journal 82: 1007-1008.
25. NRC. 2005. Mineral tolerance of animals. National Academies Press. 560p.
26. NRC. 2007. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. National Academy of Science, Washintgton, DC. 347p.
27. Phythian, C. J., D. Hughes, E. Michalopoulou, P. J. Cripps, and J. S. Duncan. 2012. Reliability of body condition scoring of sheep for cross-farm assessments. Small Ruminant Research, 104: 156-162.
28. Pyatskowit, J. W. and J. R. Prohaska. 2008. Multiple mechanisms account for lower plasma iron in young copper deficient rats. Biometals, 21: 343.
29. Radostits, O. M., C. Gay, K. W. Hinchcliff and P. D. Constable. 2007. A textbook of the diseases of cattle, horses, sheep, pigs and goats. Veterinary Medicine, 10: 2045-2050.
30. Rasooli, A. and M. Nouri and M. Razi-Jalali. 2010. Influence of antagonistic minerals in soil and pastures on the blood and liver copper in goats in Khuzestan province, Iran. Iranian Journal of Veterinary Research, 11: 46-50. (In Persian).
31. Rasooli, A., M. Nouri, M. R. Haji-Hajikolaei and A. Shahriari. 2011. A comparison of the effect of oral and injectable copper preparations on serum copper status in sheep . Iranian Journal of Veterinary Research, 66: 343-348. (In Persian).
32. Senthilkumar, P., D. Nagalakshmi, Y. R. Reddy and K. Sudhakar. 2009. Effect of different level and source of copper supplementation on immune response and copper dependent enzyme activity in lambs. Tropical Animal Health and Production, 41: 645-653.
33. Suttle, N. F. 2010. Mineral nutrition of livestock. Cabi. 579 p.
34. Yang, W., J. Wang, L. Liu, X. Zhu, X. Wang, Z. Liu, Z. Wang, L. Yang and G. Liu. 2011. Effect of high dietary copper on somatostatin and growth hormone-releasing hormone levels in the hypothalami of growing pigs. Biological Trace Element Research, 143: 893-900.
35. Zarbalizadeh-Saed, A., J. Seifdavati, H. Abdi-Benemar, A. Z. Salem, A. Barbabosa-Pliego, L. M. Camacho-Diaz, A. Fadayifar and R. Seyed-Sharifi. 2019. Effect of slow-release pellets of selenium and iodine on performance and some blood mtabolites of pregnant moghani ewes and their lambs. Biological Trace Element Research, 195: 461-471.

36. Zhang ,W., R. Wang, D. O. Kleemann, D. Lu, X. Zhu, C. Zhang and Z. Jia. 2008. Effects of dietary copper on nutrient digestibility, growth performance and plasma copper status in cashmere goats. Small Ruminant Research, 74: 188-193.
37. Zhang, W., Y. S. Zhang, X. P. Zhu, R. L. Wang and Z. H. Jia. 2011. Effect of different levels of copper and molybdenum supplements on performance, nutrient digestibility, and follicle characteristics in cashmere goats. Biological trace element research, 143: 1470-1479.

Iranian Journal of Animal Science Research
Vol. 13, No. 2, Summer 2021, p. 193-205

نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
جلد ۱۳، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰، ص. ۲۰۵-۱۹۳

The effect of Slow-Release Bolus of Copper on Performance and Some Blood Metabolites of Lori-Bakhtiari Pregnant Ewes and Their Lambs

Parvin Nasr Chaleshtori[1], Amir Fadayifar[2], Ayob Azizi[2] and Arash Azarfar[3]
Submitted: 25-03-2020
Accepted: 19-09-2020

Introduction The provision of nutrients during the late gestation not only affects maternal status and reproductive performance, but also affects prenatal and postnatal litter growth and offspring's health. Although trace elements are needed by the body in small amounts, they are essential nutrients for several metabolic functions such as growth, development, reproduction, and immunity. Copper (Cu) is often one of the most limiting trace elements for the fetus and neonate for normal development and copper play a major etiologic role in decrease of fetal growth and development. Deficiency of copper impairs fetal growth and causes serious consequences and can cause death. When intakes of Cu are deficient, maternal transfer of Cu to the fetus is insufficient for normal development, and abnormalities to the central nervous system, skeleton, and metabolism result. In ruminants, newborn animals are dependent on their dams for transferring nutrients via the placenta and mammary glands. To our knowledge, little information is available on the effects of maternal supplementation of copper via intra-ruminal administration of slow-release bolus at the late gestation on the copper status of ewes and their lambs. Because the slow-release ruminal bolus cannot be used in the newborn lambs until weaning, this study aimed to determine the effects of maternal supplementation of copper via intra-ruminal administration of slow-release boluses at the late gestation (8 weeks prepartum) on performance and some blood metabolites of ewes and their lambs until weaning.

Materials and Methods To evaluate the performance and changes in some blood parameters of lambs born from ewes receiving slow-release boluses of copper, 80 Lori-Bakhtiari ewes (The fourth pregnancy with a body condition score 3 to 3.5) were divided into two groups of 40 heads each in a completely randomized design. Treatments were 1) control ewes and 2) ewes received slow-release boluses of copper, 60 days prepartum. After parturition, birth weight, sex, and the birth status of lambs (singlet or twin) were recorded. Lambs were weighed at birth and weaning at age 90 days. On the first day, days 10 and 60 postpartum, blood samples were taken from the ewes, while the blood samples of their lambs were taken at age 10 and 60 days. Serum samples were used to determine copper and ceruloplasmin concentrations in the ewes and their lambs, while iron, zinc, hematocrit, red blood and white cells, and hemoglobin were only determined in the born lambs.

Results and Discussion The serum concentration of copper in the ewes were within the normal physiological range of 0.55 to 0.95 mg/l. Serum copper and ceruloplasmin concentrations of ewes at the first day of experiment were lower compared to days 10 and 60 postpartum ($P<0.05$), but similar between days 60 and 10 postpartum ($P>0.05$). Lambs born from ewes receiving slow-release bolus of copper had higher weaning weight, average daily weight gain, copper and ceruloplasmin concentrations, hematocrit percentage, red and white blood cell counts, and hemoglobin concentration compared to those born from control ewes ($P<0.05$). The serum concentration of ceruloplasmin was higher in lambs born from ewes receiving two boluses than those born from ewes receiving only one bolus ($P<0.05$). Ceruloplasmin concentration is also a reliable indicator of copper deficiency as it carries between 60-95 percent of serum copper, and changes in serum copper concentration usually parallel the ceruloplasmin concentration in the blood. Lambs born from ewes in the control group had lower serum copper concentrations, and 3 lambs in this group showed the symptoms of paralysis, especially in their hind legs,

1- MSc student, Animal Science Department, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Islamic Republic of Iran
2- Assistant Professor, Animal Science Department, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Islamic Republic of Iran
3- Professor, Animal Science Department, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Islamic Republic of Iran
(*- Corresponding Author Email: Fadayifar.a@lu.ac.ir)
DOI: 10.22067/ijasr.v13i2.86149

imbalances, dog sitting, and lost appetite. Adequate maternal intake of Cu is essential for development of the central nervous system (CNS) of the embryonic lamb. Consequences of Cu deficiency during intrauterine life may include gross brain lesions, with affected lambs born dead or dying shortly after birth.

Conclusion Overall, serum copper concentrations of ewes were in the normal range, but lambs born from ewes received slow-release copper bolus had greater weaning weight, average daily weight gain, serum copper and ceruloplasmin concentrations, hematocrit percentage, hemoglobin concentration, and red blood cell count compared to those born from control ewes. In conclusion, the results of the present study showed that lambs were benefited from copper supplementation of their dams via intra-ruminal administration of slow-release boluse of copper in the late gestation.

Keywords: Ceruloplasmin, Copper, Lamb, Sheep, Sulfur.